

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-221577

(43)Date of publication of application : 09.08.2002

(51)Int.Cl.

G01T 1/20

G01T 1/16

G01T 1/29

(21)Application number : 2001-016040 (71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 24.01.2001 (72)Inventor : SAKAI HIROTAKE

YUNOKI AKIRA

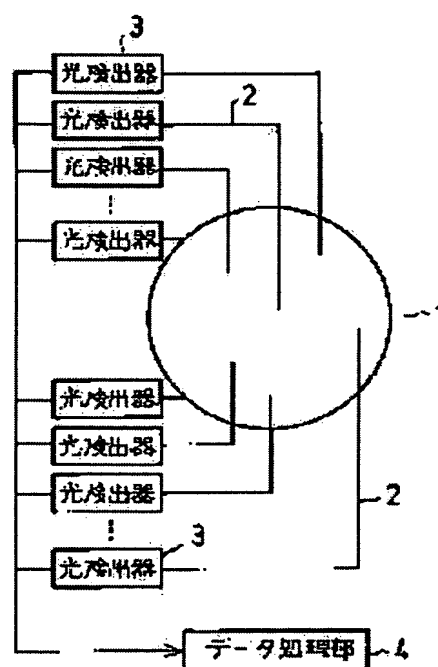
SEKI NORIYUKI

## (54) RADIATION MEASURING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a radiation measuring device capable of easily finding the peripheral radiation dose equivalent with little reliance on the sensitivity for the radiation incoming direction.

**SOLUTION:** The radiation measuring device comprises a plastic scintillator having a spherical surface, a plurality of optical fibers disposed on the surface of the plastic scintillator, and optical detectors each of which is optically connected to each optical fiber. Therefore, the peripheral radiation dose equivalent indicating the effect of the radiation on a human body can be found without complicated operations, and by finding the bias of the incoming direction of radiation, the directional radiation dose equivalent can be found.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Radiation measurement equipment characterized by having the plastic scintillator which has a globular form front face, two or more optical fibers arranged in the front face of this plastic scintillator, and the photodetector optically combined with each of two or more of these optical fibers.

[Claim 2] the plastic scintillator processed into the globular form, two or more optical fibers arranged in the front face of this plastic scintillator, and two or more of these optical fibers -- respectively -- \*\* -- the radiation measurement equipment characterized by having the photodetector combined optically and the data-processing section which calculates based on the output of this photodetector, and measuring the bias of a dose and the direction of incidence of a radiation by data processing of this data-processing section.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the monitor of a radiation with respect to radiation measurement equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] The conventional radiation monitor had the complicated proofreading activity to the ambient dose equivalent which the ionization and luminescence by the radiation of the solid-state which used ionization by the gaseous radiation and the matter with the bigger mass number than the body are used, and the thing using a single radiation sensor is a core, and is a real dosage of the dose which shows the effect to the body. Moreover, since it had the direction dependency of the sensibility to the direction of incidence of a radiation, since the bias of the direction of incidence of a radiation was undetectable to coincidence, it was not able to be asked for a directional dose equivalent with a single radiation detection instrument.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, a radiation monitor must ask for the effect which it has on the body in the form of the ambient dose equivalent of a radiation. However, the usual radiation detector consisted of matter of the different atomic number from the average atomic number of the body, and needed the complicated operation to change into the ambient dose equivalent which evaluates the effect which it has on the body from the response of these radiation detectors.

[0004] It is being able to detect the bias of the direction of incidence of a radiation required to have made this invention in view of the above-mentioned situation, and for the purpose able to calculate an ambient dose equivalent easily, and calculate a directional dose equivalent, and offering radiation measurement equipment with the still smaller dependency of the sensibility to the direction of incidence of a radiation.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, radiation measurement equipment according to claim 1 is characterized by having the plastic scintillator which has a globular form front face, two or more optical fibers arranged in the front face of this plastic scintillator, and the photodetector optically combined with each of two or more of these optical fibers.

[0006] According to invention according to claim 1, the radiation measurement which can measure the effect to the body of a radiation correctly and does not have the direction dependency of sensibility is possible by using the plastic scintillator which has an average atomic weight near the average atomic weight of the body.

[0007] the plastic scintillator which processed radiation measurement equipment according to claim 2 into the globular form, two or more optical fibers arranged in the front face of this plastic scintillator, and two or more of these optical fibers -- respectively -- \*\* -- it has the photodetector combined optically and the data-processing section which calculates based on the output of this photodetector, and is characterized by measuring the bias of a dose and the direction of incidence of a radiation by data processing of this data-processing section.

[0008] According to invention according to claim 2, luminescence by the incidence of the radiation

in the plastic scintillator of claim 1 can be changed into an electrical signal, holding the information on a location, and the radiation measurement which does not have the direction dependency of sensibility further is possible.

[0009]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to drawing. Drawing 1 is the outline block diagram of the radiation measurement equipment of the 1st operation gestalt of this invention. In drawing, 1 is the plastic scintillator processed into the globular form which has an average atomic number near the body, two or more optical fibers 2 are optically combined with the front face of the plastic scintillator 1 which has this globular form front face, and the photodetector 3 is further connected to the end of each fiber 2. The output of this photodetector 3 can be inputted into the data-processing section 4, and the amount of a radiation and the bias of the direction of incidence can be searched for by processing data in this data-processing section 4. Thus, the direction dependency of the sensibility to a radiation can be abolished as the whole radiation detection instrument by processing plastic scintillator into a globular form.

[0010] Drawing 2 is the outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 2nd operation gestalt of this invention. As shown in drawing, two or more division scintillator 1A bottom of the configuration equally divided according to the level flat surface to a flat surface which passes perpendicularly the medial axis of the plastic scintillator 1 processed into the globular form to the ground, and the ground passing through the central point of this globular form plastic scintillator 1 combines the optical element 5 for optical transmissions with upper limit optically [ the bottom ] to a lower limit. The plane of union of this component 5 for optical transmissions is taken as the configuration stuck to the spherical surface of division scintillator 1A. It connects with the termination of the opposite side of each optical element 5 for optical transmissions so that a photodetector 3 may stick, respectively. The dose in each division scintillator can be calculated by inputting the output of these photodetectors 3 into the data-processing section 4. Moreover, the direction dependency of the sensibility to a radiation can be abolished as the whole radiation detection instrument by processing plastic scintillator into a globular form.

[0011] Drawing 3 is the outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 3rd operation gestalt of this invention. As shown in drawing, in two or more division scintillator 1A bottom of the configuration equally divided according to the level flat surface to a flat surface which passes perpendicularly the medial axis of the plastic scintillator 1 processed into the globular form to the ground, and the ground passing through the central point of this globular form plastic scintillator 1, the bottom forms [ a part of upper limit ] a horizontal plane 6 to the ground for a part of lower limit. Optical element 5a for optical transmissions is optically combined with the horizontal plane of this division scintillator 1A. A photodetector 3 is combined with the termination of the opposite side of this optical element 5a for optical transmissions. The amount of the radiation in each division scintillator can be calculated by inputting the output of this photodetector 3 into the data-processing section 4. Moreover, the direction dependency of the sensibility to a radiation can be abolished as the whole radiation detection instrument by processing plastic scintillator into a globular form.

[0012] Drawing 4 is the outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 4th operation gestalt of this invention. As shown in drawing, an optical fiber 2 is optically combined with the front face of two or more division scintillator 1A of the configuration equally divided according to the level flat surface to a flat surface which passes perpendicularly the medial axis of the plastic scintillator 1 processed into the globular form to the ground, and the ground passing through the central point of this globular form plastic scintillator 1. A photodetector 3 is combined with the termination of the opposite side of each optical fiber 2, respectively. The amount of the radiation in each division scintillator 1A can be calculated by inputting the output of each of this photodetector 3 into the data-processing section 4. Moreover, the direction dependency of the sensibility to a radiation can be abolished as the whole radiation detection instrument by processing plastic scintillator into a globular form.

[0013] Drawing 5 is the outline perspective view of the 5th operation gestalt of this invention. A flat surface which passes perpendicularly the medial axis of the plastic scintillator 1 processed into the globular form to the ground as shown in drawing, On the front face of two or more division

scintillator 1A of the configuration equally divided according to the level flat surface to the ground passing through the central point of this globular form plastic scintillator 1. The light wave length sensing element 7 is combined optically, respectively, and the light of the short wavelength by the interaction of a radiation is changed into the light of long wavelength with little attenuation within an optical fiber 2. Each light wave length sensing element 7 is connected with an optical fiber 2, and, finally has two termination. A photodetector 3 is combined with two termination of this optical fiber 2.

[0014] When distance of the optical fiber 2 to the light wave length sensing element 7 connected to the plastic scintillator 1 which emitted light from the photodetector 3 of 1 and one of the two in the overall length of an optical fiber 2 is set to x, the time difference t detected with two photodetectors 3 is expressed as follows.

[0015]

[Equation 1]

$$t = \frac{L - 2x}{c'} \quad \dots\dots\dots (1)$$

[0016] However, c' is the speed of light in the inside of an optical fiber. Following the (2) type is obtained from this (1) type.

[0017]

[Equation 2]

$$x = \frac{L - tc}{2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

[0018] It can ask for the location x which emitted light from time difference t from this (2) type. Thereby, it can specify in which division scintillator 1A the interaction with a radiation occurred for every event. Moreover, the dose for every event can be calculated in a form including energy information from the sum total of the output of two photodetectors.

[0019] Drawing 6 is the outline perspective view of the 6th operation gestalt of this invention. As shown in drawing, the termination of an optical fiber 2 is embedded to the interior of two or more division scintillator 1A of the configuration equally divided according to the level flat surface to a flat surface which passes perpendicularly the medial axis of the plastic scintillator 1 processed into the globular form to the ground, and the ground passing through the central point of this globular form plastic scintillator 1. Here, it combines with division scintillator 1A optically, and combines with a photodetector 3 optically at the termination drawn outside, respectively. By inputting the output of these photodetectors 3 into the data-processing section 4, the amount of a radiation and the bias of the direction of incidence can be searched for. Moreover, the direction dependency of the sensibility to a radiation can be abolished as the whole radiation detection instrument by processing plastic scintillator into a globular form.

[0020] Drawing 7 is the outline perspective view of the 7th operation gestalt of this invention. As shown in drawing, the light wave length sensing element 7 is embedded to the interior of two or more division scintillator 1A of the configuration equally divided according to the level flat surface to a flat surface which passes perpendicularly the medial axis of the plastic scintillator 1 processed into the globular form to the ground, and the ground passing through the central point of this globular form plastic scintillator 1, and it changes into the light of long wavelength with little attenuation of the light of the short wavelength by the interaction of a radiation within an optical fiber 2. Each light wave length sensing element 7 is connected with an optical fiber 2, finally has two termination, and is drawn in the exterior of a scintillator 1. A photodetector 3 is combined with two termination of this optical fiber 2. By inputting the output of two photodetectors into the data-processing section 4, with the relation of a formula (2), it can ask for the incidence location of a radiation, and the amount of the radiation in each division scintillator 1A can be calculated from the sum total of the output of two photodetectors. Moreover, the direction dependency of the sensibility to a radiation can be abolished as the whole radiation detection instrument by processing plastic scintillator into a globular form.

[0021] Drawing 8 is the outline perspective view of the 8th operation gestalt of this invention. A level flat surface divides equally to a flat surface which passes perpendicularly the medial axis of the

plastic scintillator 1 processed into the globular form to the ground as shown in drawing, and the ground passing through the central point of this globular form plastic scintillator 1, and a photodetector 3 is optically combined with the part which hits the inside of the ball of two or more division scintillator 1A of the configuration which removed the part which hits inside a ball. By inputting the output of this photodetector 3 into the data-processing section 4, the amount of the radiation in each division scintillator 1A can be calculated. Moreover, the direction dependency of the sensibility to a radiation can be abolished as the whole radiation detection instrument by processing plastic scintillator into a globular form.

[0022] Drawing 9 is the block diagram of the 9th operation gestalt of this invention. As shown in drawing, the inside can combine optically two or more photodetectors 3 in the interior of the globular form plastic scintillator 1 of a cavity, the output can be inputted into the data-processing section 4 through an optical fiber 2, and, finally the amount of a radiation and the bias of the direction of incidence can be searched for in quest of the energy and the interaction location of a radiation from the center-of-gravity location of the output.

[0023] Drawing 10 is the block diagram of the 10th operation gestalt of this invention. As shown in drawing, the inside combines optically two or more optical fibers 2 in the interior of the globular form plastic scintillator 1 of a cavity. The termination of each optical fiber 2 can be drawn to the scintillator exterior, a photodetector 3 can be combined optically, the output can be inputted into the data-processing section 4, and it can ask for the energy and the interaction location of a radiation from the center-of-gravity location of the output, and can ask for the amount of a radiation, and the interaction location of a radiation.

[0024] Next, the calculation approach of the bias of the direction of incidence of the radiation in each above-mentioned operation gestalt is explained. First, the bias of the direction of incidence of a radiation can be searched for using the following relation from the center-of-gravity location of the amount of the radiation in each scintillator called for with the above 2nd - the 8th operation gestalt, and each scintillator.

counting [ of the scintillator of eye  $P_i$  watch ] ( $X_i, Y_i, Z_i$ ): -- barycentric-coordinates [ of the  $i$ -th scintillator ] (core of ball is set to (0, 0, 0)) ( $X, Y, Z$ ): -- location  $n$ : of a center of gravity -- the number [0025] of a detector

[Equation 3]

$$X = \frac{\sum_{i=0}^n X_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=0}^n Y_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$$Z = \frac{\sum_{i=0}^n Z_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

[0026] Moreover, the bias of the direction of incidence of a radiation can be searched for using the following relation from the interaction location location and dose with a radiation which were calculated with the 1st, 9th, and 10th operation gestalt.

[0027] dosage [ of a  $P_i$  watch event ] ( $X_i, Y_i, Z_i$ ): -- coordinate [ of an interaction location with the radiation of the  $i$ -th event ] (core of ball is set to (0, 0, 0)) ( $X, Y, Z$ ): -- location  $n$ : of a center of gravity -- the count [0028] of an event

[Equation 4]

$$X = \frac{\sum_{i=0}^n X_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \text{..... (4. 1)}$$

$$Y = \frac{\sum_{i=0}^n Y_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \text{..... (4. 2)}$$

$$Z = \frac{\sum_{i=0}^n Z_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \text{..... (4. 3)}$$

[0029]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the ambient dose equivalent which shows the radiation effect which it has without a complicated operation on the body can be calculated using the plastic scintillator which is the matter with the average atomic number near the body. Moreover, although it is necessary to calculate the ambient dose equivalent which shows the contribution from which direction is large besides an ambient dose equivalent in the case of environmental monitoring, in this invention, a directional dose equivalent can be calculated by searching for the bias of the direction of incidence of a radiation.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The outline block diagram of the radiation measurement equipment of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] The outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] The outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] The outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] The outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 5th operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] The outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 6th operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] The outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 8] The outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 8th operation gestalt of this invention.

[Drawing 9] The outline perspective view of the radiation measurement equipment of the 9th operation gestalt of this invention.

[Drawing 10] The outline block diagram of the radiation measurement equipment of the 10th operation gestalt of this invention.

[Description of Notations]

1 [ -- A photodetector, 4 / -- The data-processing section, 5 / -- The optical element for optical transmissions, 6 / -- The flat-surface section, 7 / -- Light wave length sensing element. ] -- Globular form plastic scintillator, 1A -- A division scintillator, 2 -- An optical fiber, 3

---

[Translation done.]

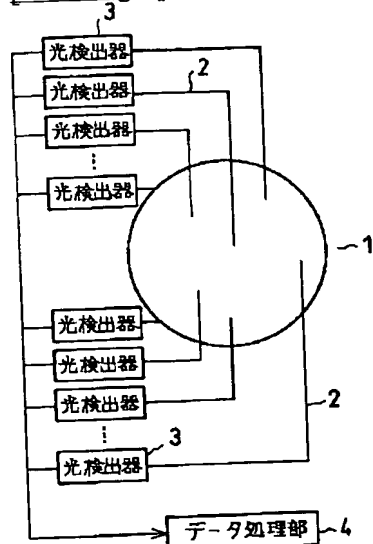
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

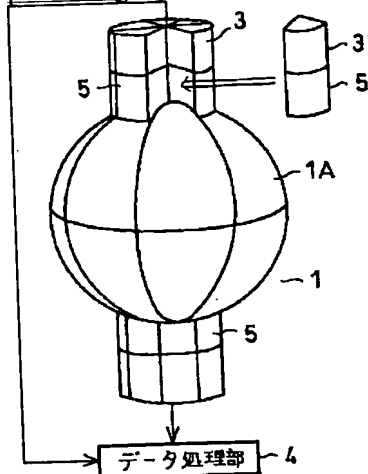
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

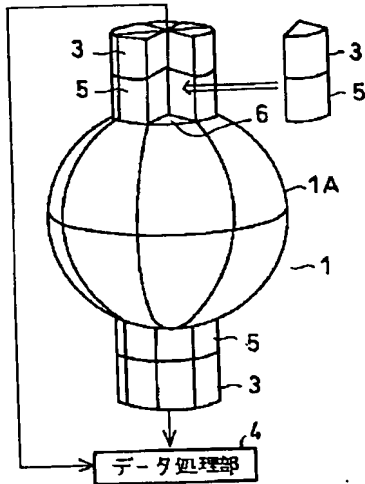
[Drawing 1]



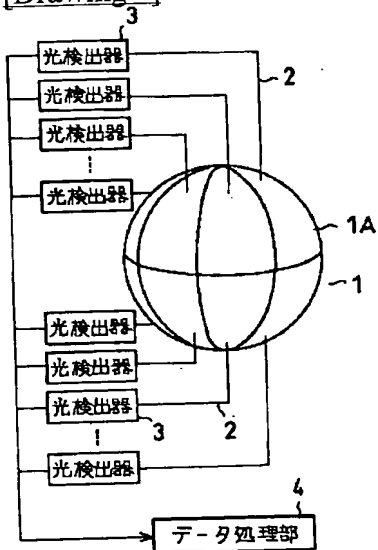
[Drawing 2]



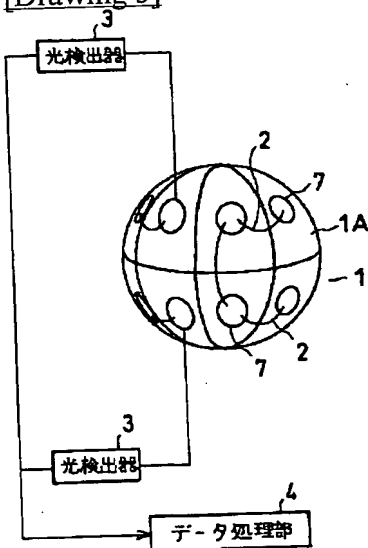
[Drawing 3]



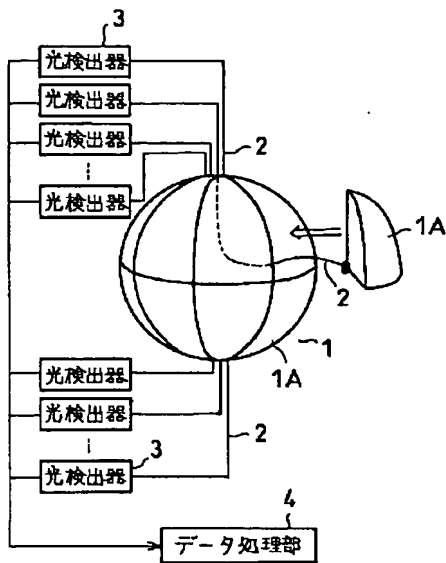
[Drawing 4]



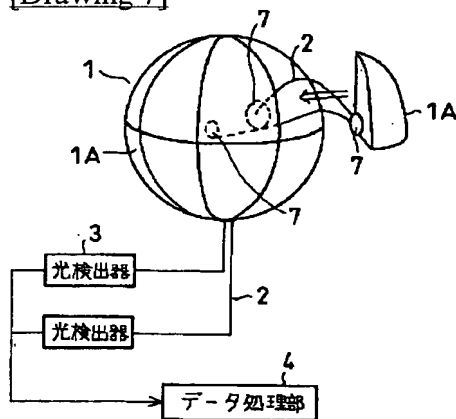
[Drawing 5]



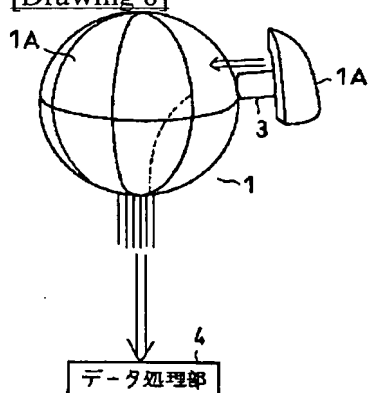
[Drawing 6]



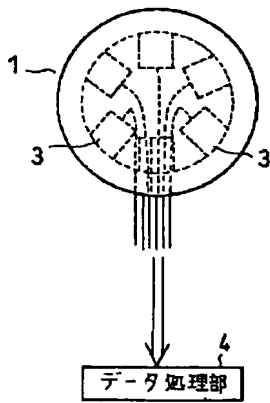
[Drawing 7]



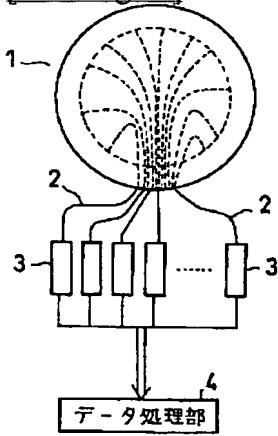
[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-221577

(P2002-221577A)

(43)公開日 平成14年8月9日(2002.8.9)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テ-マ-ト(参考)
G 0 1 T 1/20		G 0 1 T 1/20	B 2 G 0 8 8
1/16		1/16	C
1/29		1/29	A
			C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2001-16040(P2001-16040)

(22)出願日 平成13年1月24日(2001.1.24)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 酒井 宏隆

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中事業所内

(72)発明者 柚木 彰

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中事業所内

(74)代理人 100087332

弁理士 猪股 祥晃 (外2名)

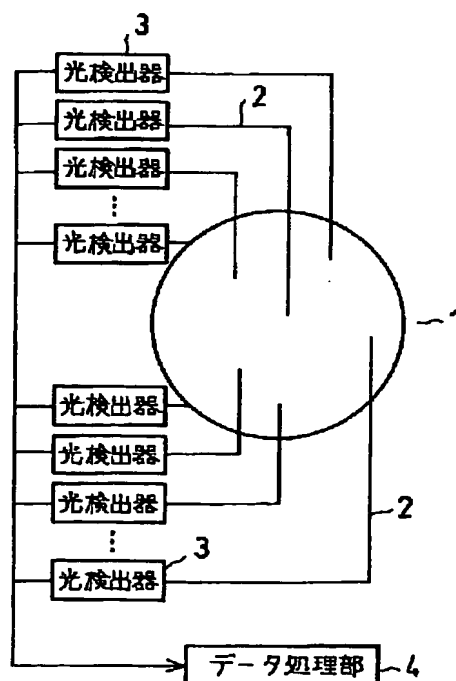
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放射線測定装置

(57)【要約】

【課題】周辺線量当量を容易に求めることができ、かつ放射線の入射方向に対する感度の依存性の小さな放射線測定装置を提供する。

【解決手段】球形の表面を有するプラスチックシンチレータと、このプラスチックシンチレータの表面に配設した複数の光ファイバと、この複数の光ファイバのそれぞれと光学的に結合する光検出器とを備えた放射線測定装置であるので、複雑な演算なしに人体に与える放射線影響を示す周辺線量当量を求めることができ、また放射線の入射方向の偏りを求めることによって、方向性線量当量を求めることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 球形の表面を有するプラスチックシンチレータと、このプラスチックシンチレータの表面に配設した複数の光ファイバと、この複数の光ファイバのそれぞれと光学的に結合する光検出器とを備えたことを特徴とする放射線測定装置。

【請求項2】 球形に加工したプラスチックシンチレータと、このプラスチックシンチレータの表面に配設した複数の光ファイバと、この複数の光ファイバのそれぞれと光学的に結合する光検出器と、この光検出器の出力に基づいて演算を行うデータ処理部とを備え、このデータ処理部のデータ処理により放射線量、放射線の入射方向の偏りを測定することを特徴とする放射線測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は放射線測定装置に係わり、特に放射線のモニタに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の放射線モニタは気体の放射線による電離や、人体よりも質量数の大きな物質を使用した固体の放射線による電離・発光現象を利用し、単一の放射線センサを用いたものが中心であり、人体に対する影響を示す放射線量の実用量である周辺線量当量への校正作業が煩雑であった。また、放射線の入射方向に対する感度の方向依存性を有しているため同時に、放射線の入射方向の偏りを検知できないので、単一の放射線検出装置では方向性線量当量を求めることはできなかった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、放射線モニタは、人体に与える影響を放射線の周辺線量当量という形で求めなくてはならない。しかしながら、通常の放射線検出器は、人体の平均原子番号とは異なった原子番号の物質で構成されており、これらの放射線検出器の応答から人体に与える影響を評価する周辺線量当量に変換するには複雑な演算が必要であった。

【0004】本発明は上記状況に鑑みてなされたもので、その目的は、周辺線量当量を容易に求めることができ、かつ方向性線量当量を求めるのに必要な放射線の入射方向の偏りを検知でき、さらに放射線の入射方向に対する感度の依存性の小さな放射線測定装置を提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の放射線測定装置は、球形の表面を有するプラスチックシンチレータと、このプラスチックシンチレータの表面に配設した複数の光ファイバと、この複数の光ファイバのそれぞれと光学的に結合する光検出器とを備えたことを特徴とする。

【0006】請求項1記載の発明によると、人体の平均原子量に近い平均原子量を有するプラスチックシンチレ

ータを使用することによって、放射線の人体に対する影響を正しく測定でき、感度の方向依存性の無い放射線測定が可能である。

【0007】請求項2記載の放射線測定装置は、球形に加工したプラスチックシンチレータと、このプラスチックシンチレータの表面に配設した複数の光ファイバと、この複数の光ファイバのそれぞれと光学的に結合する光検出器と、この光検出器の出力に基づいて演算を行うデータ処理部とを備え、このデータ処理部のデータ処理により放射線量、放射線の入射方向の偏りを測定することを特徴とする。

【0008】請求項2記載の発明によると、請求項1のプラスチックシンチレータでの放射線の入射による発光を、位置の情報を保持しつつ電気信号に変えることができ、さらに感度の方向依存性の無い放射線測定が可能である。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図を参照して説明する。図1は本発明の第1実施形態の放射線測定装置の概略構成図である。図において、1は人体に近い平均原子番号を有する球形に加工されたプラスチックシンチレータであり、この球形の表面を有するプラスチックシンチレータ1の表面に複数の光ファイバ2を光学的に結合し、さらに各ファイバ2の末端には光検出器3が接続されている。この光検出器3の出力をデータ処理部4に入力し、このデータ処理部4でデータを処理することにより放射線の量、入射方向の偏りを求めることができる。このようにプラスチックシンチレータを球形に加工することによって放射線検出装置全体として放射線に対する感度の方向依存性をなくすことができる。

【0010】図2は本発明の第2実施形態の放射線測定装置の概略斜視図である。図に示すように、球形に加工されたプラスチックシンチレータ1の中心軸を地面に対して垂直に通過するような平面と、この球形のプラスチックシンチレータ1の中心点を通る地面に対して水平な平面により均等に分割した形状の複数の分割シンチレータ1Aの、上側は上端に、下側は下端に光学的に光伝送用光学素子5を結合する。この光伝送用素子5の結合面は分割シンチレータ1Aの球面に密着する形状とする。それぞれの光伝送用光学素子5の反対側の終端にはそれぞれ光検出器3が密着するように接続される。これら光検出器3の出力をデータ処理部4に入力することによりそれぞれの分割シンチレータにおける放射線量を求めることができる。また、プラスチックシンチレータを球形に加工することによって放射線検出装置全体として放射線に対する感度の方向依存性をなくすことができる。

【0011】図3は本発明の第3実施形態の放射線測定装置の概略斜視図である。図に示すように、球形に加工されたプラスチックシンチレータ1の中心軸を地面に対して垂直に通過するような平面と、この球形のプラ

ックシンチレータ1の中心点を通る地面に対して水平な平面により均等に分割した形状の複数の分割シンチレータ1Aの、上側は上端の一部を、下側は下端の一部を地面に対して水平面6を形成する。この分割シンチレータ1Aの水平面に、光学的に光伝送用光学素子5aを結合する。この光伝送用光学素子5aの反対側の終端には光検出器3を結合する。この光検出器3の出力をデータ処理部4に入力することによりそれぞれの分割シンチレータにおける放射線の量を求めることができる。また、プラスチックシンチレータを球形に加工することによって放射線検出装置全体として放射線に対する感度の方向依存性をなくすことができる。

【0012】図4は本発明の第4実施形態の放射線測定装置の概略斜視図である。図に示すように、球形に加工されたプラスチックシンチレータ1の中心軸を地面に対して垂直に通過するような平面と、この球形のプラスチックシンチレータ1の中心点を通る地面に対して水平な平面により均等に分割した形状の複数の分割シンチレータ1Aの表面に光学的に光ファイバ2を結合する。各光ファイバ2の反対側の終端にはそれぞれ光検出器3を結合する。この各光検出器3の出力をデータ処理部4に入力することによりそれぞれの分割シンチレータ1Aにおける放射線の量を求めることができる。また、プラスチックシンチレータを球形に加工することによって放射線検出装置全体として放射線に対する感度の方向依存性をなくすことができる。

【0013】図5は本発明の第5実施形態の概略斜視図である。図に示すように、球形に加工されたプラスチックシンチレータ1の中心軸を地面に対して垂直に通過するような平面と、この球形のプラスチックシンチレータ1の中心点を通る地面に対して水平な平面により均等に分割した形状の複数の分割シンチレータ1Aの表面に、それぞれ、光学的に光波長変換素子7を結合し、放射線の相互作用による短波長の光を光ファイバ2内での減衰の少ない長波長の光に変換する。各光波長変換素子7は光ファイバ2で連結され、最終的に2箇所の終端を持つ。この光ファイバ2の終端2箇所に光検出器3を結合する。

【0014】光ファイバ2の全長を1、片方の光検出器3から、発光したプラスチックシンチレータ1に接続された光波長変換素子7までの光ファイバ2の距離をxとすると、2つの光検出器3で検出される時間差tは、以下のように表される。

【0015】

【数1】

$$t = \frac{L-2x}{c} \quad \dots\dots\dots (1)$$

【0016】ただし、c'は光ファイバ中での光の速さである。この(1)式より下記(2)式が得られる。

【0017】

【数2】

$$x = \frac{L-ct'}{2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

【0018】この(2)式から時間差tより発光した位置xを求めることができる。これにより、各イベントごとにどの分割シンチレータ1Aにおいて放射線との相互作用が発生したかを特定することができる。また、2つの光検出器の出力の合計から、各イベントごとの放射線量をエネルギー情報を含んだ形で求めることができる。

【0019】図6は本発明の第6実施形態の概略斜視図である。図に示すように、球形に加工されたプラスチックシンチレータ1の中心軸を地面に対して垂直に通過するような平面と、この球形のプラスチックシンチレータ1の中心点を通る、地面に対して水平な平面により均等に分割した形状の複数の分割シンチレータ1Aの内部に光ファイバ2の終端を埋め込む。ここで、分割シンチレータ1Aと光学的に結合し、外部へと導き出された終端でそれぞれ光検出器3と光学的に結合する。これらの光検出器3の出力をデータ処理部4に入力することにより、放射線の量、入射方向の偏りを求めることができる。また、プラスチックシンチレータを球形に加工することによって放射線検出装置全体として放射線に対する感度の方向依存性をなくすことができる。

【0020】図7は本発明の第7実施形態の概略斜視図である。図に示すように、球形に加工されたプラスチックシンチレータ1の中心軸を地面に対して垂直に通過するような平面と、この球形のプラスチックシンチレータ1の中心点を通る、地面に対して水平な平面により均等に分割した形状の複数の分割シンチレータ1Aの内部に光波長変換素子7を埋め込み、放射線の相互作用による短波長の光を光ファイバ2内での減衰の少ない長波長の光に変換する。各光波長変換素子7は光ファイバ2で連結され、最終的に2箇所の終端を持ち、シンチレータ1の外部へと導き出される。この光ファイバ2の終端2箇所に光検出器3を結合する。2つの光検出器の出力をデータ処理部4に入力することにより式(2)の関係により、放射線の入射位置を求めることができ、また、2つの光検出器の出力の合計から個々の分割シンチレータ1Aにおける放射線の量を求めることができる。また、プラスチックシンチレータを球形に加工することによって放射線検出装置全体として放射線に対する感度の方向依存性をなくすことができる。

【0021】図8は本発明の第8実施形態の概略斜視図である。図に示すように、球形に加工されたプラスチックシンチレータ1の中心軸を地面に対して垂直に通過するような平面と、この球形のプラスチックシンチレータ1の中心点を通る地面に対して水平な平面により均等に分割し、球の内側に当たる部分を取り除いた形状の複数の分割シンチレータ1Aの球の内面に当たる部分に光学的に光検出器3を結合する。この光検出器3の出力をデ



ータ処理部4に入力することにより、個々の分割シンチレータ1Aにおける放射線の量を求めることができる。また、プラスチックシンチレータを球形に加工することによって放射線検出装置全体として放射線に対する感度の方向依存性をなくすることができる。

【0022】図9は本発明の第9実施形態の構成図である。図に示すように、内側が空洞の球形のプラスチックシンチレータ1の内部で複数の光検出器3を光学的に結合し、光ファイバ2を介してその出力をデータ処理部4に入力し、その出力の重心位置から放射線のエネルギー、及び相互作用位置を求め最終的に放射線の量、入射方向の偏りを求めることができる。

【0023】図10は本発明の第10実施形態の構成図である。図に示すように、内側が空洞の球形のプラスチックシンチレータ1の内部で複数の光ファイバ2を光学的に結合する。それぞれの光ファイバ2の終端をシンチレータ外部に導き出し、光検出器3を光学的に結合し、その出力をデータ処理部4に入力し、その出力の重心位置から放射線のエネルギー、及び相互作用位置を求め、放射線の量、放射線の相互作用位置を求めることができる。

【0024】次に、上記各実施形態における放射線の入射方向の偏りの算出方法について説明する。まず、上記第2～第8実施形態で求められた個々のシンチレータにおける放射線の量と個々のシンチレータの重心位置より、以下の関係を用いて、放射線の入射方向の偏りを求めることができる。

$P_i$  :  $i$  番目のシンチレータの計数

$(X_i, Y_i, Z_i)$  :  $i$  番目のシンチレータの重心座標(球の中心を(0, 0, 0)とする)

$(X, Y, Z)$  : 重心の位置

$n$  : 検出器の個数

【0025】

【数3】

$$X = \frac{\sum_{i=0}^n X_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=0}^n Y_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$$Z = \frac{\sum_{i=0}^n Z_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

【0026】また、第1、第9及び第10実施形態で求められた放射線との相互作用位置位置と放射線量より、以下の関係を用いて、放射線の入射方向の偏りを求めることができる。

【0027】 $P_i$  :  $i$  番目イベントの放射線量

$(X_i, Y_i, Z_i)$  :  $i$  番目のイベントの放射線との相互作用位置の座標(球の中心を(0, 0, 0)とする)

$(X, Y, Z)$  : 重心の位置

$n$  : イベントの回数

【0028】

【数4】

$$X = \frac{\sum_{i=0}^n X_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=0}^n Y_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

$$Z = \frac{\sum_{i=0}^n Z_i \cdot P_i}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、人体に近い平均原子番号を有した物質であるプラスチックシンチレータを用い、複雑な演算なしに人体に与える放射線影響を示す周辺線量当量を求めることのできる。また、環境のモニタリングの際には、周辺線量当量以外にも、どの方向からの寄与が大きいかを示す周辺線量当量を求める必要があるが、本発明では、放射線の入射方向の偏りを求めることによって、方向性線量当量を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の放射線測定装置の概略構成図。

【図2】本発明の第2実施形態の放射線測定装置の概略斜視図。

【図3】本発明の第3実施形態の放射線測定装置の概略斜視図。

【図4】本発明の第4実施形態の放射線測定装置の概略斜視図。

【図5】本発明の第5実施形態の放射線測定装置の概略斜視図。

【図6】本発明の第6実施形態の放射線測定装置の概略斜視図。

【図7】本発明の第7実施形態の放射線測定装置の概略斜視図。

【図8】本発明の第8実施形態の放射線測定装置の概略斜視図。

【図9】本発明の第9実施形態の放射線測定装置の概略斜視図。

【図10】本発明の第10実施形態の放射線測定装置の概略構成図。

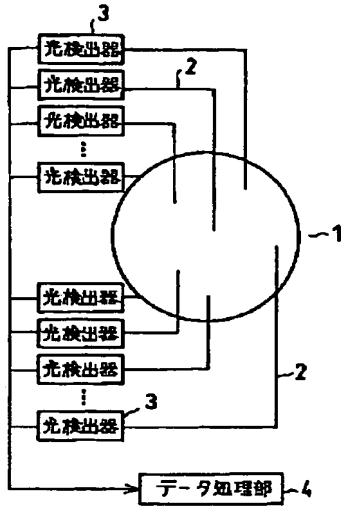
【符号の説明】

1…球形のプラスチックシンチレータ、1A…分割シン

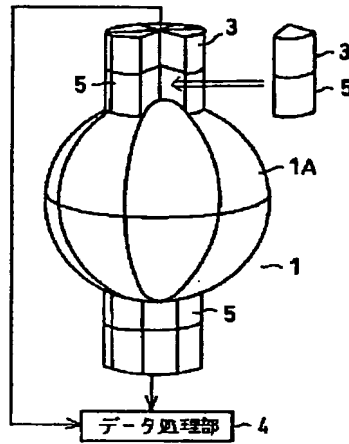
チレータ、2…光ファイバ、3…光検出器、4…データ  
処理部、5…光伝送用光学素子、6…平面部、7…光波

長変換素子。

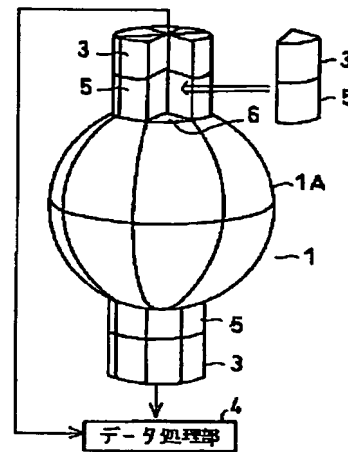
【図1】



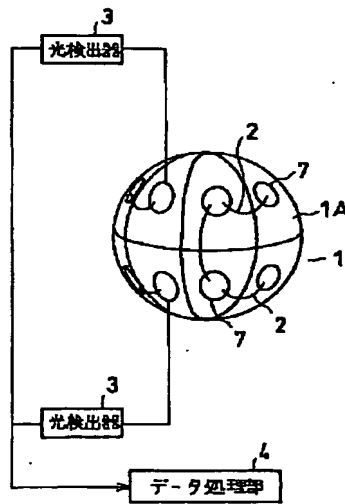
【図2】



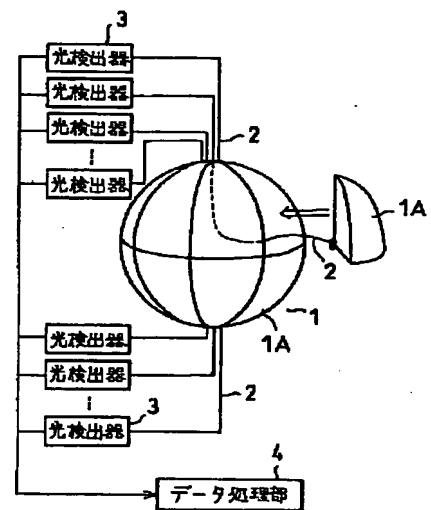
【図3】



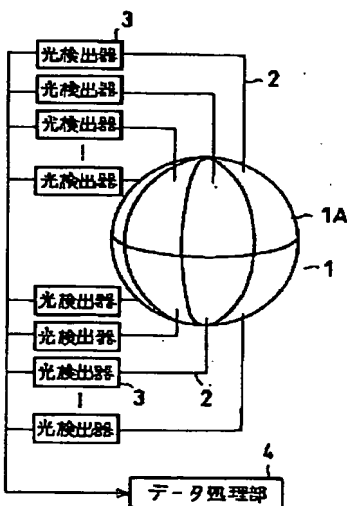
【図5】



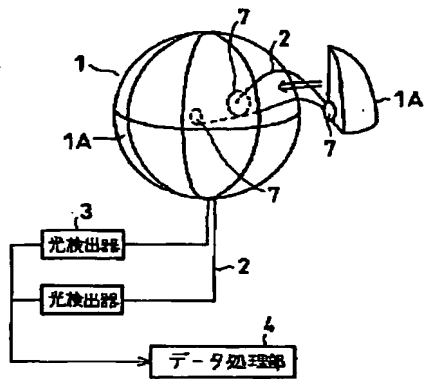
【図6】



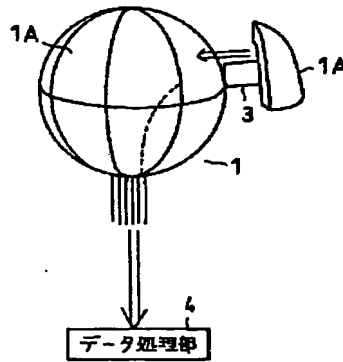
【図4】



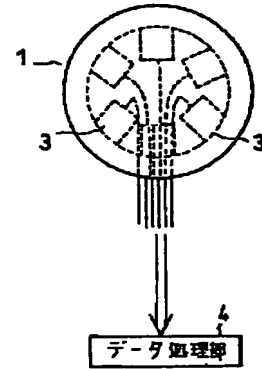
【図7】



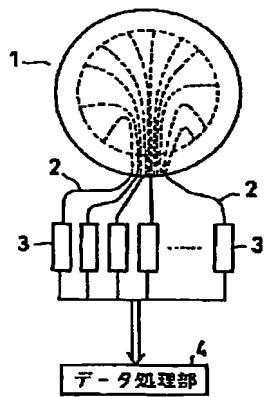
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 関 典之  
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中事業所内

Fターム(参考) 2G088 EE09 FF18 GG11 GG15 GG20  
JJ01 JJ09 KK15 KK35 LL15